

氏名	難 波 浩 一		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	工 学		
学位授与番号	博甲第2686号		
学位授与の日付	平成16年 3月25日		
学位授与の要件	自然科学研究科基盤生産システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	き裂開口変位分布計測に基づく残留応力場の疲労き裂伝ば挙動の評価		
論文審査委員	教授 鳥居 太始之	教授 飛田 守孝	教授 吉田 彰

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、使用期間中にき裂が検出された実機部材の補修や更新などの保守管理を合理的に行うために、検出されたき裂自身の情報からその破壊力学パラメータを明らかにし、それを用いて残留応力場の疲労き裂伝ば挙動を評価することを目的にしている。

まず、無限板中の貫通き裂に沿う開口変位分布計測に基づく応力分布および応力拡大係数評価法を、実用上重要な有限板の影響が考慮できるように解析的な拡張を行った。これにより、応力状態が不明な場合にも、大きさが種々ことなる部材においてき裂の安全性を評価することが可能になった。また、この方法を用いて、き裂に沿う開口変位分布計測から残留応力分布が推定できることを示し、その結果はX線による残留応力測定結果とよく一致することを示した。

つぎに、実用上重要な有限板中の表面き裂について、板表面上のき裂に沿う開口変位分布計測をもとに板表面部の応力拡大係数 K_{est} を評価した。残留応力のない理想き裂に対して、FEM解析および残留応力のない焼なまし試験片を用いた実験において、本方法が妥当であることを示した。引き続き、き裂周辺に圧縮残留応力が存在する表面疲労き裂において、圧縮残留応力の効果を含むき裂開口変位分布の計測値による応力拡大係数範囲 ΔK_{est} を介して、表面疲労き裂の表面上の伝ば速度を評価した。その結果、応力状態およびき裂内部の形状が不明でも、貫通き裂と同様に表面疲労き裂の伝ば速度を整理できることがわかった。

さらに、本方法を引張残留応力場の疲労き裂伝ば挙動の評価に適用した。その結果、き裂に沿う開口変位分布計測から評価した応力拡大係数範囲 ΔK_{est} を用いて、貫通き裂および表面き裂の区別なく、また残留応力の有無にかかわらず広い範囲で疲労き裂伝ば速度が評価できることがわかった。また、残留応力および表面き裂の深さが既知である場合に実用的な破壊力学パラメータについて検討し、平均応力下および引張残留応力下の表面疲労き裂伝ば試験において、応力拡大係数の範囲 ΔK と最大値 K_{max} を用いた $\{(\Delta K)^{0.5}(K_{max})^{0.5}\}$ の有用性を示し、それが本評価法と相関があることを示した。

最後に、本評価法の実用化への対応として、き裂縁の開口変位分布を直接測定できるデジタルマイクروسコープを用いた計測法を検討した。その結果、測定値を滑らかな近似曲線により表すことにより、応力拡大係数 K_{est} および疲労き裂伝ば速度を評価できることを示した。

以上、本論文では、き裂開口変位分布計測に基づく応力分布および応力拡大係数の評価をもとに、機械や構造物の使用期間中に検出されたき裂周辺の残留応力場および表面き裂の内部形状が不明でも、疲労き裂伝ば挙動を評価できる方法を提案しその有用性を示した。

論文審査結果の要旨

き裂が検出された実機部材の補修や更新などの保守管理を合理的に行うために、検出されたき裂自身の情報からその応力拡大係数範囲 ΔK_{est} を計測し、それを用いて残留応力場の疲労き裂伝ば挙動を評価する方法とその有用性を、以下のように示した。

まず、無限板における貫通き裂に沿う開口変位分布計測に基づく応力分布および応力拡大係数の評価法を、実用上重要な有限板の影響を考慮できるように解析的な拡張を行い、大きさが種々異なる部材において、応力分布が不明でもき裂の安全性を評価できるようにした。また、有限板においてき裂に沿う開口変位分布計測から残留応力分布が推定できることを示した。

つぎに、実用的な有限板に対して、残留応力のない理想き裂に対するFEM解析および残留応力のない焼なまし試験片を用いた実験において、表面き裂の板表面上のき裂開口変位分布計測に基づいて応力拡大係数範囲 ΔK_{est} が評価できることを明らかにした。引き続き、き裂周辺に圧縮残留応力が存在する表面疲労き裂に対して、き裂開口変位分布計測に基づく応力拡大係数範囲 ΔK_{est} は、疲労き裂の伝ば速度を支配する破壊力学的パラメータであることを示した。さらに、引張残留応力場に対しても、表面き裂の疲労き裂伝ば速度は、本方法による応力拡大係数範囲 ΔK_{est} を用いて評価できることを示した。

このような応力拡大係数範囲 ΔK_{est} は、残留応力の有無にかかわらず表面き裂と貫通き裂の疲労き裂伝ば速度を支配する共通の破壊力学的パラメータであることを示し、き裂の存在する部材の応力が不明でもまた表面き裂の深さが不明でも、表面き裂の開口変位計測を行って疲労き裂伝ば速度が評価できることを明らかにした。このようなき裂自身から計測される破壊力学的パラメータは、応力分布が不明な場合でも使用期間中に検出されるき裂の評価が可能であり、機械や構造物の安全・維持管理において非常に有益である。したがって、本論文は、博士（工学）学位論文に値するものと認められる。